

## تولید $^{75}\text{Se}$ برای مصارف پزشکی هسته ای به کمک فعل و انفعال هسته ای $^{75}\text{As}(p,n)^{75}\text{Se}$

\*دکتر محمد تقی بحرینی طوسی ، \*\*دکتر حسین آفریده، \*\*پژمان روشن فرزاد  
\* بخش فیزیک پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد  
\*\* بخش تحقیقات پزشکی هسته ای، سازمان انرژی اتمی ایران

### خلاصه

این تحقیق به منظور تولید سلنیوم  $^{75}\text{Se}$  از آرسنیک  $^{75}\text{As}$  به روش فعال سازی به کمک پروتون انجام شده است. رادیو داروهایی که توسط سلنیوم  $^{75}\text{Se}$  نشاندار می شوند، در پزشکی هسته ای کاربردهای متعددی دارند. به منظور تولید سلنیوم  $^{75}\text{Se}$  نگهدارنده های هدف ویژه ای برای اولین بار ساخته شد. در این نگهدارنده ها پودر  $\text{As}_2\text{O}_3$  به صورت قرص درون کثو قرار داده می شود و مجموعه درون شکاف نگهدارنده هدف جای می گیرد. بعد از بمباران پروتونی هدف، جداسازی شیمیایی سلنیوم از آرسنیک توسط روش استخراج حلال انجام شد. نتایج حاصل از طیف سنجی گاما و بررسی رادیونوکلئیدهای تولید شده و همچنین ارزیابی درجه خلوص شیمیایی به روش کروماتوگرافی با کاغذ نشان می دهد که محصول از درجه خلوص بالایی برخوردار است. نتایج به دست آمده از بمباران آرسنیک برای تولید سلنیوم نشان می دهد که بهترین جریان پروتونی ۶ میکروآمپر، بهره تولید  $35 \mu\text{Ci}/\mu\text{Ah}$  و بهره استخراج شیمیایی ۸۸٪ است که این مقدار قابل مقایسه با بهره استخراج به دست آمده از گزارشات سایر محققین به میزان ۹۳٪ می باشد. کلمات کلیدی: سلنیوم  $^{75}\text{Se}$ ، آرسنیک  $^{75}\text{As}$ ، رادیودارو، پزشکی هسته ای، استخراج حلال، کروماتوگرافی با کاغذ

### مقدمه

کردن داروها و ساخت رادیوداروهای متعددی به شرح زیر استفاده نمود:

الف - I - سلنومتینون جهت اسکن پانکراس برای تشخیص پانکراتیت حاد یا مزمن، عود مجدد پانکراتیت، کیست کاذب پانکراس، وجود تومور فعال در پانکراس و یرقان انسدادی (۸،۷،۱).

ب - مطالعه عملکرد برون ریزی پانکراس (۱، ۶، ۲).

ج - تشخیص پرکاری غدد پاراتیروئید (۲).

د - سلنوکلسترویل با نام تجاری سینتادرون برای اسکن غدد فوق کلیوی و تشخیص عملکرد غیرطبیعی کورتکس آدرنال (۹).

ه - سلنیت سدیم برای آشکار سازی تومورهای همچون استروسایتوم مغزی، کارسینومای برونکوزیک، میلوماتوز و کارسینوم کولون (۱۴).

و - SeHCAT برای ارزیابی عملکرد ایلنوم در موارد مشکوک به بیماری کروهن (۱۷، ۵، ۲).

امروزه دستگاههای مولد اشعه و چشمه های پرتوزا در زندگی بشر کاربردهای فراوانی دارند. در چند دهه اخیر هسته های پرتوزا بزرگترین سهم را به خود اختصاص داده اند. هسته های پرتوزا در صنعت، فیزیک، کشاورزی، بیولوژی، شیمی، علم مواد و به ویژه در تشخیص و درمان بیماریها در پزشکی به طور فزاینده مورد استفاده قرار می گیرند. کاربرد هسته های پرتوزا در پزشکی، پزشکی هسته ای نامیده می شود و این شاخه از پزشکی همگام با پیشرفت در علوم فیزیک هسته ای در حال تکامل است. همه ساله با تولید رادیوایزوتوپهای جدید دریچه نوینی از کاربرد این رادیو ایزوتوپها در پزشکی گشوده می شود. سلنیوم  $^{75}\text{Se}$  با نیمه عمر فیزیکی ۱۲۰ روز یکی از رادیوایزوتوپهای مورد استفاده در پزشکی هسته ای می باشد. هسته پرتوزای سلنیوم  $^{75}\text{Se}$  در اثر بمباران پروتونی هسته پایدار آرسنیک  $^{75}\text{As}$  و در نتیجه جایگزینی یک پروتون به جای یک نوترون تولید می گردد. از سلنیوم  $^{75}\text{Se}$  می توان برای نشاندار

می شود، سطح رویی زیر لایه صاف است و لایه نشانی فلز هدف مطابق شکل ۲ روی این سطح انجام می شود.

اما برخلاف روش معمول برای ساخت هدف، در صورت لایه نشانی فلز آرسنیک بر روی زیر لایه مسی تنها لایه های نازکی از آرسنیک (درحد میکرومتر) بر روی زیر لایه مسی می نشیند (۱۳). در صورت بمباران پروتونی هدفهای نازک، محصول بمباران ناچیز و اکتیویته به دست آمده پایین است. لذا ضرورت ساخت هدفهای جدیدی به صورت قرص و از جنس  $As_2O_3$  مورد توجه قرار گرفت. برای نیل به این هدف باید تغییراتی در طراحی زیر لایه مسی داده می شد تا قرص درون آن جای گیرد. با انجام آزمایشهای مکرر و چندین مرحله آزمون و خطا سرانجام نگهدارنده هدف کشویی با قابلیت بالا ساخته شد. شکل ۳ نمونه ای از این نوع نگهدارنده های هدف را نشان می دهد.

با مقایسه بین شکل ۱ و ۲ ملاحظه می شود که تغییراتی در طراحی نگهدارنده هدف داده شده است. به این ترتیب که قرص  $As_2O_3$  داخل کشویی از جنس آلومینیوم قرار می گیرد، پشت کشو توسط ورقه نازک مسی پوشانده می شود و مجموعه به صورت پاکت درون شکاف نگهدارنده هدف جای می گیرد (شکل ۴).

برای پرس پودر  $As_2O_3$  سمیه و ماتریس خاصی طراحی و ساخته شد به طوری که مقطع آن درست به اندازه ابعاد مقطع کشو نگهدارنده هدف باشد. شکل ۵ نمونه ای از این نوع سمیه و ماتریس را نشان می دهد.

**استخراج شیمیایی:** هدف از استخراج شیمیایی در بمباران پروتونی آرسنیک ۷۵ که منجر به تولید سلنیوم ۷۵ می شود، جداسازی سلنیوم از آرسنیک است. برای جداسازی شیمیایی در این تحقیق از روش استخراج حلال استفاده شد. مراحل استخراج شیمیایی به طور خلاصه به شرح زیر است:

ابتدا قرص  $As_2O_3$  بمباران شده در جوهر نمک (HCl) ۱۲٪ حل می شود. سپس گاز  $SO_2$  به مدت دو دقیقه وارد محلول می گردد. در این مدت محلول از گاز  $SO_2$  اشباع می شود و

ز- سلنوپرگولاید برای آشکار سازی محل گیرنده های دوپامینی مغز (۱۸).

ح- به صورت چشمه در براکی تراپی با اکتیویته بالا (۱۹).  
باتوجه به اهمیت و ضرورت استفاده از سلنیوم ۷۵ در موارد فوق و با عنایت به مشکلات خرید این رادیوایزوتوپ از خارج از کشور به دلیل قیمت بالا، زمان حمل و تشریفات اداری برای ترخیص کالا در کمرگ، ضرورت تولید این رادیوایزوتوپ در داخل کشور احساس می شود. همچنین یکی از ویژگیهای این رادیوایزوتوپ نیمه عمر نسبتاً طولانی آن است که این امر انتقال آن را به سایر شهرستانهای کشور مقدر می سازد. پژوهش حاضر به منظور تولید این رادیوایزوتوپ برای اولین بار در کشور و ارائه آن به جامعه پزشکی هسته ای صورت گرفته است.

## مواد و روش کار

**انتخاب ماده هدف:** برای ساخت هدفهای آرسنیک، ترکیبات و روشهای متعددی وجود دارد که از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد:

لایه نشانی به روش آبکاری (۴)، لایه نشانی تبخیری (۱۳)، هدفهای آلیاژی  $Cu_3As$  (۳)، هدفهایی از جنس  $As_2O_3$  (۱۰، ۱۲) و هدفهای  $As_2O_3$  (۱۶، ۱۲). انتخاب مناسبترین ماده هدف مستلزم بررسی همه جانبه ویژگیها و شرایط هدفها در هر يك از موارد فوق می باشد که در نهایت  $As_2O_3$  به علت بازده تولید بیشتر، جداسازی شیمیایی راحت تر (۱۱) و قابلیت پرس پذیری بهتر از میان موارد فوق انتخاب گردید.

**ساخت هدف:** متداولترین روش برای ساخت هدفهای جامد، لایه نشانی فلز هدف بر روی زیر لایه ها یا نگهدارنده هدف است. زیر لایه به اشکال مختلفی ساخته می شود که به شرکت سازنده سیکلوترون و نوع طراحی آن بستگی دارد. در شتاب دهنده سیکلوترون سازمان انرژی اتمی ایران زیر لایه از جنس مس و به ابعاد تقریبی (cm)  $12 \times 3 \times 0.7$  ساخته می شود. شکل ۱ تصویری از زیر لایه مسی مورد استفاده در این سیکلوترون را نشان می دهد. همانطور که در شکل ۱ دیده

از محلول بترنی (محصول) نیز به عنوان فاز ثابت به فاصله ۲ سانتیمتر از این نقطه قرار داده می شود. وقتی کاغذ در هوا خشک شد وارد محلولی شامل استن و یک قطره اسید استیک می گردد (فاز متحرک)، پس از بالا رفتن فاز متحرک، کاغذ خشک می شود، سپس محلولی حاوی کمپلکس نشاسته ید به صورت افشانه روی کاغذ پاشیده می شود و روی حرارت هیر خشک می گردد (۱۲). در بالای نقطه مربوط به  $\text{As}_2\text{O}_3$  لکه بنفش رنگی مشاهده می شود. در حالی که در بالای نقطه مربوط به بترن، هیچگونه تغییر رنگی دیده نشد و این امر دلیل عدم وجود آرسنیک در محلول بترنی است. بررسی نشان داد که این روش قادر است ناخالصی آرسنیک را با حساسیت  $0.4 \text{ ppm}$  مشخص نماید. بنابراین به جرات می توان گفت که در این تحقیق جداسازی شیمیایی به طور کامل انجام شده و هیچگونه ناخالصی اعم از اکتیو و غیراکتیو در محصول وجود ندارد.

### نتایج

پس از پنج مرحله بمباران با انرژی پروتونی  $30 \text{ Mev}$  در شرایط متفاوت، از نظر جریان پروتونی و جنس پاکت، اکتیویته های مختلفی به دست آمد. این نتایج در جدول ۱ درج شده اند. بهره تولید در هر مرحله برابر است با:

$$\text{اکتیویته محلول اسیدی اولیه } (\mu\text{Ci})$$

$$\text{زمان بمباران (h)} \times \text{جریان پروتونی } (\mu\text{A})$$

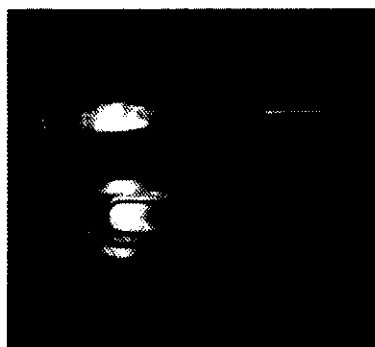
اکتیویته محلول اسیدی اولیه با نمونه برداری از محلول اسیدی حاوی قرص حل شده اندازه گیری می شود. با بررسی جدول ۱ نکات زیر مشخص می گردد:

در مرحله اول، جریان باریکه پروتونی  $3 \mu\text{A}$  انتخاب گردید. بعد از بمباران با این جریان به مدت ۱ ساعت، اکتیویته ای معادل  $90/2 \mu\text{Ci}$  حاصل شد. علت انتخاب این زمان برای بمباران هدف، ارزیابی پایداری حرارتی هدف برابر گرمای ناشی از بمباران است. در صورتی که هدف در مقابل این شدت جریان، طی مدت یک ساعت از خود واکنشی نشان ندهد، مطمئناً در زمانهای طولانی تر نیز مقاومت می کند، زیرا از دیدگاه تجربی و مهندسی طی این مدت هدف به

سلنیوم به فرم فلز آمورف (قرمز) احیا می گردد. سپس محلول اشباع از گاز  $\text{SO}_2$  به مدت ۵ دقیقه در  $85^\circ\text{C}$  باقی می ماند تا احیا به طور کامل صورت پذیرد. محلول وارد دکانتور می گردد و ۱۵ میلی لیتر بترن به آن اضافه می شود. با استفاده از حبابهای گاز نیتروژن دو فاز به مدت ۲۰ دقیقه به هم زده می شود تا سلنیوم احیا شده وارد فاز آلی (بترن) گردد. پس از جداسازی دو فاز توسط دکانتور، بترن سه مرتبه توسط آب مقطر شسته می شود تا در صورت وجود ناخالصی آرسنیک در بترن به این طریق این ناخالصی از آن جدا گردد. در آخرین مرحله بترن از روی پودر نم گیر  $\text{MgSO}_4$  عبور داده می شود تا در صورت وجود آب در بترن به این وسیله بترن خشک و عاری از هرگونه آلودگی گردد (۱۵). لازم به ذکر است که کلیه مراحل شیمی استخراج در هات سل و با کمک دستکهای مخصوص انجام شده است.

طیف سنجی گاما و بررسی خلوص رادیونوکلئید تولید شده: این قسمت از تحقیق به بررسی، تشخیص و ارزیابی رادیونوکلئید یا رادیو نوکلئیدهای تولید شده اختصاص دارد. پس از استخراج شیمیایی، نمونه بترنی توسط طیف سنج گاما آنالیز می گردد. به این ترتیب با در نظر گرفتن انرژی هر پیک، نوع هسته رادیواکتیوگسیلنده گاما تعیین می گردد. همچنین سطح زیر پیک متناسب با اکتیویته هسته مورد نظر می باشد. در طیف اشعه گامای نمونه بترنی به دست آمده در این تحقیق هیچگونه ناخالصی مشاهده نمی شود و تمامی پیکها با انرژیهای گامای مشخصه هسته سلنیوم ۷۵ مطابقت دارند.

ارزیابی درجه خلوص شیمیایی: برای بررسی خلوص شیمیایی محصول استخراج شده، کافی است میزان آرسنیک موجود در آن ارزیابی گردد زیرا قرص از جنس  $\text{As}_2\text{O}_3$  و محصول بمباران، هسته سلنیوم است. لذا تنها ناخالصی محتمل در این محصول آرسنیک می باشد. یکی از روشهای معمول و متعارف تشخیص آرسنیک، کروماتوگرافی کاغذ است (۱۲). برای انجام این آزمون، مقداری  $\text{As}_2\text{O}_3$  در آب حل می گردد و قطره ای از آن بر روی کاغذ صافی واتمن شماره ۱ چکانده می شود. قطره ای



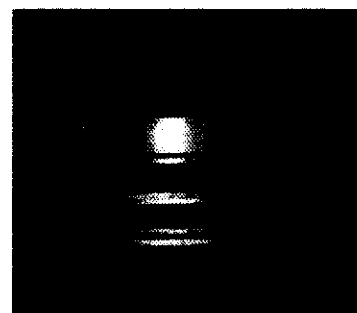
شکل ۴: نمونه کشوی آلومینیومی داخل نگهدارنده مسی



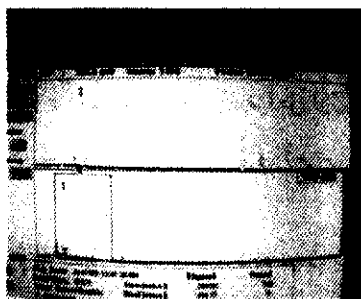
شکل ۱: نمونه‌ای از زیر لایه‌های متداول در ساخت هدف



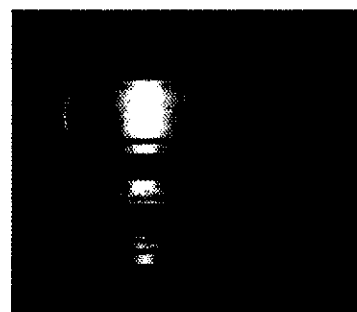
شکل ۵: نمونه سمبه ماتریس ساخته شده



شکل ۲: نمونه لایه نشانی هدف بر روی زیر لایه مسی



شکل ۶: طیف گامای سلیسیم ۷۵



شکل ۳: نمونه‌ای از هدفهای کشویی

جدول ۱: نتایج حاصل از پنج مرحله بمباران پروتونی

ردیف	تعداد اشعه‌های تابان شده (MC)	جرم ماده (mg)	تعداد اشعه‌های تابان شده (MC)	جرم ماده (mg)	تعداد اشعه‌های تابان شده (MC)	جرم ماده (mg)
۷۰	۶۳/۱	۳۰	۹۰/۲	۱	۳	۱
۸۵	۱۴۰/۲	۳۳	۱۶۵/۴	۱	۵	۲
۸۷	۱۲۲/۵	۲۰	۱۴۰/۴	۱	۷	۳
۸۸	۹۲۴/۳	۳۵	۱۰۵۰/۶	۵	۶	۴
۸۸	۲۷/۳	۵	۳۱/۱	۱	۶	۵

### بحث و نتیجه گیری

طراحی و ساخت نگهدارنده های هدف جدید، دریچه نوینی را بر روی روشهای تولید رادیو ایزوتوپ گشوده است. ویژگیهای خاص این نوع نگهدارنده متضمن سهولت کاربرد آنهاست و راه را برای ساخت هدفهای مرکب هموار می کند. از جمله مزایای این نوع نگهدارنده هدف، انحلال قرص  $\text{As}_2\text{O}_3$  در اسید به طور مستقل و جلوگیری از هرگونه تماس اسید با نگهدارنده مسی است، که این خود یک مزیت بزرگ است و باعث سادگی فرآیند استخراج و عدم ورود ناخالصی (ناشی از حل شدن نگهدارنده هدف مسی در اسید) به محصول می گردد. همچنین با استفاده از این نوع نگهدارنده می توان به جای به کارگیری فلز خالص به عنوان هدف، نمکهای فلز مورد نظر را که به مراتب ارزانتر هستند، بپارایان نمود. همچنین به کمک این طراحی جدید می توان بپارایان را با یک نگهدارنده تکرار نمود به طوری که در هر مرحله فقط کثیفی قرص هدف تعویض می شود. این امر موجب صرفه جویی فراوان در هزینه ساخت نگهدارنده هدف می گردد. به علاوه امکان تحقیق در زمینه تولید رادیو ایزوتوپهایی که به دلیل دشواری ساخت هدف تاکنون امکان تولید آنها وجود نداشت، فراهم آمده است. با تولید سلنیوم ۷۵ برای اولین بار در ایران امید آن می رود که در آینده نزدیک گروه شیمی سازمان انرژی اتمی ایران ساخت رادیو داروهای سلنیوم ۷۵ را نیز آغاز نماید و نتیجه این تحقیق مورد استفاده مردم عزیز کشورمان و رضای خداوند بزرگ قرار گیرد.

### تقدیر و قدردانی

به این وسیله از آقای دکتر امیررضا جلیلیان و آقای دکتر بهروز فاتح در گروه شیمی و تحقیق و توسعه بخش سیکلوترون سازمان انرژی اتمی ایران قدردانی می شود. همچنین از مساعدتهای ریاست محترم سیکلوترون آقای دکتر حمید رفیعی و همکاران واحد فنی تراشکاری به ویژه آقای فرهاد صفری و کلیه عزیزانی که در گروه مواء هسته ای و کارگردانی

پایداری و تعادل حرارتی کامل می رسد. نکته حائز اهمیت در مرحله اول، بهره پایین استخراج شیمیایی نسبت به سایر مراحل است. علت این امر را می توان نداشتن تجربه و مهارت کافی و باقی ماندن هسته های پرتوزا بر روی جداره ظروف استخراج شیمیایی دانست. در مرحله دوم، جریان به  $5 \mu\text{A}$  افزایش یافت و تحت شرایط مشابه مرحله اول، اکتیویته بالاتری به دست آمد. اما بهره تولید تقریباً بدون تغییر باقی ماند.

افزایش بهره شیمیایی در این مرحله قابل توجه است. این مسئله را به طور عمده می توان با خروج تمامی هسته های رادیواکتیو تولید شده از ظرف استخراج توجیه نمود. در مرحله سوم با افزایش جریان به  $7 \mu\text{A}$  در مدت زمان ۱ ساعت، اکتیویته کمتری به دست آمد. در نتیجه بهره تولید در این مرحله کاهش یافت. علت این کاهش را می توان عدم تحمل حرارت تولید شده در این شدت جریان در هدف دانست. بنابراین شدت  $7 \mu\text{A}$  برای این نوع هدفها، شدت جریان بالایی محسوب می شود. در مرحله چهارم با انتخاب شدت جریات  $6 \mu\text{A}$  و زمان بپارایان ۵ ساعت، اکتیویته بالایی از سلنیوم تولید گردید. بهره تولید در این مرحله مشابه مراحل اول و دوم بود و هیچگونه آثار ذوب و تضعیفی بر روی قرص هدف مشاهده نشد.

در مرحله پنجم ورقه پشتی کثیف تغییر داده شد، به این ترتیب که به جای ورقه مسی از ورقه آلومینیوم استفاده گردید. اما این ورقه به خوبی مس قادر به انتقال حرارت نیست، در نتیجه قسمت زیادی از قرص هدف تصعید شد و اکتیویته تولیدی کاهش یافت و بهره تولید نیز به شدت افت نمود. با توجه به نتایج فوق بهترین شدت جریان باریکه پرتوتونی  $6 \mu\text{A}$  و مناسبترین ورقه برای پشت کثیف از جنس مس می باشد. در این شرایط بهره تولید حدود  $35 \mu\text{Ci}/\mu\text{Ah}$  و بهره استخراج شیمیایی حدود ۸۸٪ به دست آمد که این مقدار قابل مقایسه با بهره استخراج به دست آمده از گزارشات سایر محققین به میزان ۹۳٪ می باشد (۱۵).

- 883-889.
10. Helus F., 1970, Preparation of carrier-free Bromine-77 for medical use, Radiochem. Radioanal. Letters, 45-50.
  11. Helus F., Colombetti L. G., Radionuclides production, CRC Press, Florida, 1983, 113.
  12. Nunn A. D., Waters S. L., Target Materials for the cyclotron production of carrier-free  $^{77}\text{Br}$ , J. Appl. Radiat. Isot., 26: 731-735.
  13. Nunn A. D., 1972, Techniques for the preparation of thick and thin arsenic targets suitable for cyclotron irradiation, Nuclear Instruments and Methods, 99: 251-254.
  14. Paterson A. H. G., Mc. Cready V. R., Clinical and experimental studies of Selenium-75- labeled compounds, Int. Atomic Energy Agency, Vienna, 1976, 63-67.
  15. Plenevaux A., Guillaume M., 1990, Chemical processing for production of no carrier added selenium, Appl. Radiat. Isot., 9: 829-838.
  16. Qaim S. M., Blessing G., 1995, Production of longer-lived positron emitters  $^{73}\text{Se}$ ,  $^{82}\text{Rb}^m$  and  $^{124}\text{I}$  In: Cornell-John C., Cyclotrons and their applications, World Scientific, New Jersey, pp. 541-544.
  17. Qvist N., 1995, Motor activity of gallbladder and gastrointestinal tract as determinants of enterohepatic circulation: A scintigraphic and manometric study, Thesis (M.D.) Laegeforeningeng Forlag, Denmark, 127.
  18. Sadek Samy, Basmadjian G., Patel A., 1988, Synthesis and biodistribution of [ $^{125}\text{I}$ ] Iodo- and [ $^{75}\text{Se}$ ] Seleno- Ergoline derivatives, Appl. Radiat. Isot., 5:391-397.
  19. Weeks K. J., Schulz R. J., 1986, Selenium-75: A potential source for use in high activity brachytherapy irradiators, Med. Phys., 13(5): 728-731.

سیکلوترون در انجام این تحقیق همکاری نمودند، تشکر و قدردانی می شود.

## References

1. Agnew J. E., Maze M., Mitchel C. J., 1976, Pancreatic scanning, Brit. J. Radiol., 49, 979-995.
2. Amersham International PLC, Bucks, England, 1990, 4.55- 4.59.
3. Blessing G., Qaim S. M., 1982, Production of  $^{75}\text{Br}$  and  $^{77}\text{Br}$  via the  $^{75}\text{As}(\text{He}, 3n)^{75}\text{Br}$  and  $^{75}\text{As}(\alpha, 2n)^{77}\text{Br}$  reactions using  $\text{Cu}_3\text{As}$ -alloy as a high-current target material, Int. J. Appl. Radiat. Isot., 33, 333-339.
4. Coleman R. V., Solid state physics, Academic Press, New York, 1974, 648.
5. Ferraris R., Jazrawi R., Bridges C., Northfield T. C., 1986, Use of a gamma-labeled bile acid ( $^{75}\text{Se}\text{HCAT}$ ) as a test of ileal function. Methods of improving accuracy, Gastroenterology, GASTA, p.V p.
6. Goriya Y., Hoshi M., Etani M., Kimura K., Shichiri M., Shigeta Y., 1974, Dynamic study of exocrine function of the pancreas in diabetes mellitus with scintigraphy using  $^{75}\text{Se}$ -Selenomethionine, J. Nucl. Med., 4: 270-274.
7. Guillame M. A., Christiaens L., 1985, Fast simplified methods for  $^{73}\text{Se}$  production and chemical synthesis of L- $^{73}\text{Se}$ -Selenomethionine, Journal of Labeled Compounds and Radiopharmaceuticals, Vol. XVIII, Nos.1-2., 177.
8. Hara T., Tilbury R. S., Freed B. R., Woodard H. Q., Laughlin J. S., 1973, Production of  $^{73}\text{Se}$  in cyclotron and its uptake in tumors of mice, Appl. Radiat. Isot., 24, 377-384.
9. Hawkins L. A., *et al.*, 1980, Selenium-75 selenomethyl cholesterol: A new agent for quantitative functional scintigraphy of the adrenals: Physical aspects, Brit. J. Radiol., 53: